

時空量子連携研究機構

ロードマップ

国立大学法人 九州大学

時空量子連携研究機構

令和8年3月

目次

1	時空量子連携研究機構について	3
2	本ロードマップの目的	4
3	推進方策	5
3.1	各部門の取組の着実な推進	5
3.1.1	量子宇宙惑星環境連携研究部門.....	5
3.1.2	宇宙量子コンピューティング連携研究部門.....	6
3.1.3	宇宙量子連携加速器部門.....	6
3.1.4	宇宙量子連携理論部門.....	6
3.1.5	宇宙量子センシング連携研究部門.....	7
3.1.6	宇宙量子産業教育デザイン部門.....	7
3.2	横断的取組	8
3.2.1	連携プロジェクトの推進.....	8
3.2.2	拠点機能の構築.....	8
3.2.3	学外連携の推進.....	9
3.2.4	その他横断的取組.....	9

1 時空量子連携研究機構について

宇宙分野と量子分野は、いずれも社会変革の基盤となる領域であり、第7期科学技術・イノベーション基本計画の答申素案においては、宇宙関連技術、量子関連技術ともに国家戦略技術領域として、「将来の我が国の自律性・不可欠性の確保、将来性のある成長産業の創出を進めることを目指し、①経済成長や社会課題解決等の将来性、②技術の革新性や有望性、③我が国の科学・技術の優位性や潜在性の観点から、一貫通貫支援によって科学と産業を結び付け、第7期基本計画の下、関連する人的・物的資源を国内に確保していくことを目指すべき技術領域」とされている。こうした動向は諸外国においても同様であり、宇宙関連技術、量子関連技術はともに世界共通の重要技術として今後も進展していくものと考えられる。

九州大学時空量子連携研究機構（以下、「機構」という。）は、宇宙分野と量子分野の融合による新たな学術・イノベーションの開拓を目的とする連携プラットフォームとして令和7年10月に設置された。宇宙科学・量子科学に関する九州大学の強みを結集し、基礎科学の根源的課題から社会変革に資する応用研究まで、分野や部局を超えた連携を創出することで「九大宇宙量子総合知」を創出するとともに、九州地区の学術連携、宇宙産業との連携協働に向けた取組みを開始したところである（図1）。

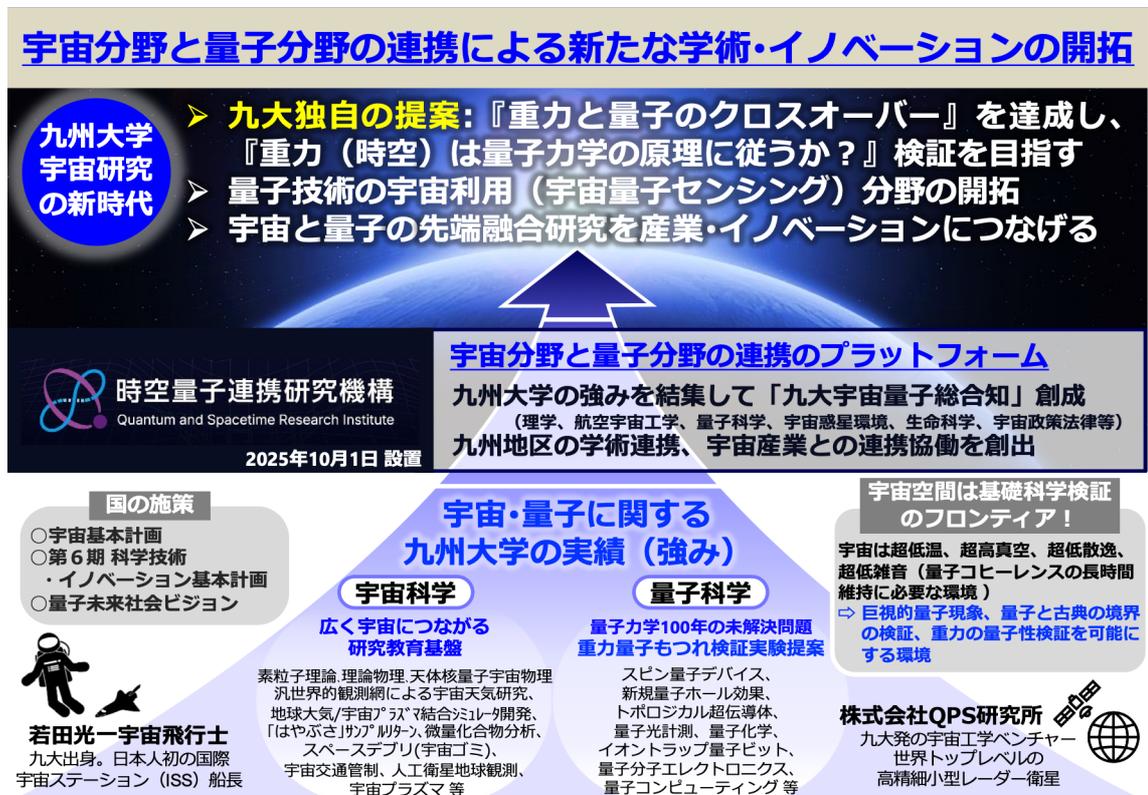


図1 機構のコンセプト

2 本ロードマップの目的

本ロードマップは、学外研究機関や民間企業、国・自治体等の外部連携の推進、更なる全学的な参画の促進及び機構内連携の加速等、取組みの裾野を拡大することを目的としている。

例えば、宇宙科学と量子科学の融合による新たな学術領域として、宇宙空間における基礎科学の実験的検証を行うことを考える。宇宙空間は超低温、超高真空、超低散逸、超低雑音な環境であり、巨視的量子現象や量子と古典の境界の検証、重力の量子性検証等の地上では困難な検証を実現できる可能性があるものの、このような基礎科学の検証には現時点では達成が困難な水準での宇宙空間における超精密測定が求められるため、量子センサー等の量子技術が不可欠となる。ただし、宇宙空間における超精密測定の実現には、量子センサーそのものの感度向上や量子センサーの宇宙適用、センサーを搭載する衛星本体の環境性能向上など数多くの課題を解決する必要がある、多様な分野からの参画と長期的な取組みが求められる。

このように宇宙空間における基礎科学の実験的検証の実現には長い年月を要することが想定されるが、その過程において様々な分野と連携していくことで、例えば新たな高精度測定技術の開拓や新規デバイス実現への貢献、超小型衛星の活用進展やそれに伴う多様な宇宙ミッションの実現に資するような多種多様な成果を得られることが期待される。これらの成果を随時社会実装、実用化しながらプロジェクトを進めていくことができれば、基礎科学の実験的検証という長期的なミッションの実現に資するだけでなく、新産業の創出や社会変革にも繋がるなど、単なる基礎科学の探究だけに留まらない成果の創出が可能となる。なお、ここで示したものはあくまで一例であり、他の分野においても長期的なミッションの過程で得られた成果の早期実用化・社会実装を並行して進めることで、宇宙科学と量子科学が融合することによる新たな学術領域の発見や産業・イノベーションの創出に繋がることが期待されることから、分野に捉われず広く協力を得ていくことが重要となる。

現時点では機構が設置されて間もない取組みの初期段階であることを踏まえれば、当面は広く宇宙分野、量子分野それぞれにおいて裾野の拡大と着実な研究の推進を図りつつ、新たな学術領域を探求していくことが重要であり、また、両分野の進展が著しい中では随時取組みを見直していくことも求められる。

こうした考え方を踏まえ、本ロードマップは今後5年間を目途とした機構の取組の方向性を示すとともに、毎年見直しを実施し必要に応じて改定を行うこととする。

3 推進方策

3.1 各部門の取組の着実な推進

機構は、量子宇宙惑星環境連携研究部門、宇宙量子コンピューティング連携研究部門、宇宙量子連携加速器部門、宇宙量子連携理論部門、宇宙量子センシング連携研究部門及び宇宙量子産業教育デザイン部門の6部門と機構の連携推進のシンクタンク機能を担う機構推進戦略室から組織されている。以下に記載する各部門における取組を着実に推進することで、更なる研究の進展や横断的取組に繋がっていくことが期待される。

3.1.1 量子宇宙惑星環境連携研究部門

量子宇宙惑星環境連携研究部門は、宇宙惑星探査、地球環境観測における量子系と量子技術の研究等を目的として、流体圏・宇宙圏科学、宇宙流体環境学、宇宙プラズマ物理学、太陽惑星系物質科学、地震・火山学、情報生物学、動態生物学、統合生物学、宇宙システム工学及び航行ダイナミクス分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 衛星コンステレーション、地上多点連携観測と量子技術の融合による太陽地球結合系の研究
- 宇宙磁場の複雑性を記述する数理構造解明を通じた「宇宙磁場情報幾何学」の創成
- 量子コンピュータを用いた宇宙流体プラズマ計算アルゴリズムの開発
- 宇宙天気におけるデータ同化とモデルの精緻化、シミュレーションの高分解能化
- 宇宙プラズマシミュレーションと地上実験の組み合わせによる宇宙線の加速メカニズム解明に向けた研究
- 量子過程を考慮した高エネルギー天体における粒子加速の原理解明に向けた高強度レーザー実験
- 星形成・惑星形成の統一的な理解に向けた磁気流体シミュレーションの研究
- 宇宙塵のサンプルリターン及び質量分析による太陽系星雲の塵の進化、形成過程の解明
- 観測によるスペースデブリの動態推定、シミュレーションによるデブリ分布予測、有効な環境改善策の評価
- 超多数衛星の深宇宙における編隊飛行に関する軌道計算、深宇宙ミッションに合わせた最適な軌道計算の研究
- 空間的な地震発生ポテンシャル検出のためのモデル構築に向けた地震観測・測地観測・構造調査
- 始原生殖細胞の輸送機構解明を通じた生命の連続性の起源解明に向けた研究

- 強い放射線に暴露された生物の変異検出
- DNA の直接観測による DNA 修復機構の基本的メカニズムの解明に向けた研究

3.1.2 宇宙量子コンピューティング連携研究部門

宇宙量子コンピューティング連携研究部門は、量子計算、先端量子デバイス技術の宇宙応用研究等を目的として、コンピュータアーキテクチャ、無機・分析化学、量子物性実験、物理化学、数理物理学及び量子情報理論分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 宇宙環境コンピューティングに関する研究
- 薄膜、デバイス環境における有機エレクトロニクス素子の精密分光測定
- ロバストな量子ビットとしての利用が期待される創発準粒子の検出・制御技術の開発
- スピン流を活用した新奇量子物性の開拓
- 分光測定技術を応用した量子計測における光学系の構築に向けた検討
- 強相関量子物質の線形・非線形テラヘルツ時間領域分光のための先進技術開発
- 量子情報理論における解析手法の他分野への応用に関する研究

3.1.3 宇宙量子連携加速器部門

宇宙量子連携加速器部門は、加速器を基盤としたダークマター探索、量子ビームの宇宙産業応用等を目的として、実験核物理学及び素粒子実験分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 量子ビームによる重イオン核融合反応による新元素の合成に向けた研究
- 長寿命を持つ超重核の合成に向けた不安定核ビーム実験装置の開発
- 不安定核ビームを用いたエキゾチック核の構造探索、合成過程の解明に向けた研究
- 加速器により供給される量子ビームの医療・産業への新たな応用手法の開発
- 加速器実験によるヒッグス粒子の性質の解明、素粒子標準模型を超える新物理の探索
- 高放射線環境でも動作する半導体検出器の開発
- 宇宙線に起因する半導体メモリ素子のソフトエラー発生機構の解明
- 核子散乱におけるスピンの量子もつれの実験的検証と原理の理解

3.1.4 宇宙量子連携理論部門

宇宙量子連携理論部門は、量子重力、素粒子、量子化学計算等における応用理論研究等を目的として、量子物性理論、素粒子理論、複合領域化学及び数学基礎・基礎解析学分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 実験的検証が可能な新たな創発準粒子の模型の探索

- 圏論的対称性を用いた物理学上の未解決問題の解決に向けた研究
- 量子重力、量子情報、量子多体系における理論を相互に応用した新たなアプローチの開拓
- 超弦理論における非可逆対称性が導く選択則の研究
- AI・機械学習を利用した素粒子模型の解析
- 暗黒物質の正体解明に向けた理論検討、実験検証方法の提案
- ゲージ対称性を明白に保つ厳密繰り込み群の模型の構築
- 低エネルギー領域における有効場の理論の解析
- 場の量子論の有効理論の検証
- 「時間演算子」の存在検証
- 量子コンピュータが優位性を示す化学計算モデルの構築と検証
- 超重元素からなる分子系における電子状態の理論の構築
- 電子相関・相対論的效果・溶媒効果を取り入れた溶液内における分子の挙動計算

3.1.5 宇宙量子センシング連携研究部門

宇宙量子センシング連携研究部門は、宇宙における量子センシング利用技術、学術フロンティアの開拓等を目的として、宇宙物理学、宇宙論・重力理論及びエネルギーシステム学分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 干渉計・オプトメカ系等の量子情報科学技術による重力と量子力学の統合および検証に向けた理論的研究
- 重力波・量子重力の検証に向けた地上及び宇宙環境で実現可能な干渉計・オプトメカ系の基盤技術の開拓
- 宇宙創生時の量子性検出に向けた理論的研究
- 次世代イオンエンジンや低コストな電気推進系の開発
- 機械学習を用いた宇宙機器の異常検知と異常回避行動の実現可能性の検討

3.1.6 宇宙量子産業教育デザイン部門

宇宙量子産業教育デザイン部門は、先端量子センサーの研究、学術と産業の接続、関連教育の推進等を目的として、有機エレクトロニクス、電気工学、大気環境科学及び法学分野のメンバーが参画している。本部門における取組は以下の通り。

- 有機半導体を利用した波長可変レーザーや量子センサーの宇宙・産業利用に向けた研究
- オールダイヤモンド量子センサー等の極限環境利用に向けた研究
- 地球大気の循環機構の理解と気候と極端現象への影響解明に向けた研究
- 衛星リモートセンシング技術の開発・高度化

- 衛星観測技術など宇宙分野に係る教育及び人材育成
- 量子分野・宇宙分野の融合による産学連携の円滑な推進に向けた法的課題の整理と支援
- 量子・宇宙関連産業における法制度の研究
- 宇宙分野と量子分野の連携による新たな学術・イノベーションの開拓に関する検討

3.2 横断的取組

宇宙分野と量子分野の連携プラットフォームとして機構の成果創出を最大化するため、3.1の各部門における取組みに加えて部門を横断した以下の取組を実施する。

3.2.1 連携プロジェクトの推進

宇宙分野と量子分野の融合による新たな学術・イノベーションの開拓を実現するためには、異なる分野間での議論を活性化し、様々なアイデアを生み出していくことが重要になる。そのため、セミナーやワークショップの開催等、部門を超えたコミュニケーションを促進するための取組を実施する。

プロジェクト化に繋がるアイデアについては、プロジェクトメンバーの組成や競争的資金等の外部資金獲得に関する助言等を機構推進戦略室が実施し、早期のプロジェクト化、外部資金獲得を目指す。

なお、プロジェクト化に当たっては、知財や法制度、ビジネス等の観点での助言の必要性を併せて検討することで、研究成果の社会実装に向けた課題の早期抽出と解決策の検討が可能な体制を構築する。

3.2.2 拠点機能の構築

近年、量子センシングの宇宙利用など宇宙空間における量子技術の利用に向けた動きが拡大している。こうした技術は高精度化、小型化といった利点をもたらし、新たな宇宙センシング技術の確立や超小型衛星への搭載による運用機会の増大に繋がることが期待される。一方、量子センサーは外部環境に敏感であり、その宇宙運用に当たっては、地上における高度な宇宙環境試験が重要となる。特に、現在の技術進展を踏まえれば、熱雑音低減のための冷却設備や、通信量の増大に対応する光通信インターフェースを有する試験設備が重要になると考えられる。また、超小型衛星への搭載により運用機会が増大することにより、超小型衛星の宇宙環境試験へのニーズも高まることが想定される。

以上のように、量子センシングの宇宙利用が進展すれば、重力の量子性検証のみならず、地球磁気圏、太陽磁気圏の理解促進や、宇宙生物学での利用、デバイスの耐宇宙環境

性能検証といった様々な機構の取組みにも応用に資することが期待される。

更に、九州大学においてはタンDEM加速器、FFA 加速器を有しており、宇宙環境試験で必要となる、陽子、重イオン、 γ 線の照射実験が可能な環境にある。

こうしたことを踏まえ、宇宙分野と量子分野が融合する時代を見据えた、統合的な宇宙環境試験に関する拠点機能の構築を目指す。具体的には、九州大学の強みである加速器の利活用方策や他機関との協力の在り方について検討を進めてプロジェクト化を行い、機構の取組みの円滑化に資する拠点機能の構築を目指す。

3.2.3 学外連携の推進

学外機関との協働を積極的に推進する。学外研究機関、民間企業、国・自治体等との連携を通じて、多様な知見の集約、研究資源の共有、社会実装に向けた体制強化を図る。

具体的には、研究機関との連携については、国内研究機関及び海外研究機関との協力体制について機構の研究成果を最大化する観点から検討を行い、必要に応じて覚書を締結するなど、国際競争力を有する研究ネットワークの形成を目指す。

産業界との連携については、機構の成果を宇宙関連企業や量子関連企業等に接続するための連携強化に向けたセミナーやイベント等の実現を目指す。この際、自治体等との協働により、宇宙分野、量子分野に関する地域産業振興、人材育成に考慮するなどして地域社会との連携基盤を強化する。

これらの取組みを通じて、国内外の多様なステークホルダーと協調しながら、宇宙量子融合研究の裾野を拡大し、学術的・産業的価値を最大化することを目指す。

3.2.4 その他横断的取組

そのほか、機構の研究成果を最大化し、宇宙分野と量子分野の融合による新たな学術領域の創出を促進するため、以下の横断的取組を実施する。

- ・ K²-SPRING 事業量子ユニットや基幹教育科目等と連動した「九大宇宙量子総合知」に基づく人材育成
- ・ シンポジウム等による研究成果の発信等の広報活動の強化